



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

CERMETY
CERMETS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN SALCBURGER

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

DOC. ING. ANTON HUMÁR, CSC.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martin Salcburger

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Cermety

v anglickém jazyce:

Cermets

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Bakalářská práce je zaměřena na cermety z hlediska výroby, rozdělení, označování, fyzikálně mechanických vlastností, aplikačních oblastí a současných trendů vývoje a výroby u renomovaných špičkových producentů nástrojů a nástrojových materiálů.

Cíle bakalářské práce:

1. Základní dělení materiálů pro řezné nástroje
2. Charakteristika cermetů (druhy, výroba, značení, fyzikálně mechanické vlastnosti)
3. Cermety v sortimentu výroby nejvýznamnějších světových producentů nástrojů a nástrojových materiálů

Seznam odborné literatury:

1. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6.
2. HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. MM publishing s. r.o., 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
3. HUMÁR, A. Materiály pro řezné nástroje. Studijní opory. VUT-FSI v Brně, ÚST, Odbor technologie obrábění. 2006. [online]. Dostupné na World Wide Web: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/mat_pro_rez_nastroje/materialy_pro_rezne_nastroje_v_2.pdf.
4. HUMÁR, A., PÍŠKA, M. Materiály pro řezné nástroje. MM Průmyslové spektrum - Speciální vydání. Zář 2004. ISSN 1212-2572., s. 84-96.
5. Odborné časopisy: CIRP Annals - Manufacturing Technology (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00078506>), International Journal of Refractory Metals & Hard Materials (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/02634368>), Journal of Materials Processing Technology (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/09240136>), Journal of the European Ceramic Society (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/09552219>), Materials Science and Engineering: A (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/09215093>), Surface and Coatings Technology (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/02578972>), Thin Solid Films (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00406090>), Wear (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00431648>).
6. Technické materiály a prospekty firem Ceramtec, Ceratizit, Iscar, Kennametal, Korloy, Kyocera, Mitsubishi, NTK, Sandvik Coromant, Seco, Sumitomo, Walter, Widia WNT.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Anton Humár, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 31.10.2013

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá řeznými materiály na bázi cermetů, určenými k obrábění součástí. V první části práce je popsáno stručné rozdělení a charakteristika řezných materiálů používaných při obrábění. Druhá část je zaměřená na historii vývoje cermetů, jejich strukturu, výrobu, chemické a mechanické vlastnosti. Poslední část této práce se zabývá současným stavem sortimentu nejvýznamnějších producentů řezných materiálů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Cermety, mechanické a fyzikální vlastnosti, řezné podmínky, použití

ABSTRAKT

This bachelor's thesis is focused on materials based on cermets which are designed for the machining of components. The first part describes a short classification and characteristics of cutting materials used in machining. Second part is focused on the history of development of the cermets, their structure, production, chemical and mechanical properties. The current condition of range of the most known producers of cutting materials is described in the last part of this thesis.

KEY WORDS

Cermets, mechanical and physical properties, cutting conditions, use

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SALCBURGER, M. Cermety. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 44 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Anton Humár, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma Cermety jsem vypracoval samostatně na základě použití doporučené a další odborné literatury uvedené v seznamu použitých zdrojů na konci této práce.

Datum:

.....

Jméno a příjmení

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Antonu Humárovi, CSc. za jeho cenné připomínky a rady při vypracování této práce.

OBSAH

ABSTRAKT	5
KLÍČOVÁ SLOVA	5
ABSTRAKT	5
KEY WORDS	5
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE	6
PROHLÁŠENÍ	8
PODĚKOVÁNÍ	9
ÚVOD	12
1. Základní dělení materiálu pro řezné nástroje	13
1.1. Nástrojové oceli	13
1.1.1. Nelegované nástrojové oceli	14
1.1.2. Legované nástrojové oceli	14
1.1.3. Rychlořezné nástrojové oceli	14
1.2. Slinuté karbidy	15
1.2.1. Nepovlakované slinuté karbidy	15
1.2.2. Povlakované slinuté karbidy	16
1.3. Řezná keramika	17
1.4. Supertvrdé řezné materiály	18
1.4.1. Polykrystalický diamant	18
1.4.2. Polykrystalický kubický nitrid boru	18
2. Cermety	18
2.1. Historie	19
2.2. Výroba	20
2.2.1. Výroba cermetů metodou PSSS (Pre - Sintering Solid - Solution)	20
2.3. Struktura a vlastnosti cermetů	21
3. Cermety v sortimentu výroby nejvýznamnějších světových producentů nástrojů a nástrojových materiálů	24
3.1. MITSUBISHI MATERIALS CORPORATIONS	24
3.1.1. Sortiment společnosti Mitsubishi Materials Corporations:	25
3.2. KYOCERA	27
3.2.1. Sortiment společnosti Kyocera:	27
3.3. KENNAMETAL	31
3.3.1. Sortiment společnosti Kennametal:	31
3.4. Pramet Tools	35
3.4.1. Sortiment společnosti Pramet Tools:	35
3.5. Porovnání cermetů od jednotlivých výrobců	38

ZÁVĚR	39
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	40
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	43
SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK A OBRÁZKŮ	44

ÚVOD

Výroba součástí je doprovázena více či méně složitým výrobním postupem. Do výrobního postupu se řadí velká řada metod, kterými jsou obrábění, tváření, odlévání, tepelné zpracování, povrchová úprava a mnoho dalších. Obrábění se dělí na další metody výroby součástí, jako je například soustružení, frézování, vrtání, vyvrtávání nebo obrážení. Pomocí obrábění se dosahuje požadovaného tvaru výsledné součásti, materiál je odebírán v podobě třísky a soustava se dělí na stroj, nástroj a obrobek. Nástroj je klíčovým prvkem, na který jsou kladeny vysoké nároky.

Protože jsou nástroje vystavovány vysokému mechanickému namáhání, teplotám, tření a silovým účinkům, dochází k jejich častému opotřebení nejružnějšího charakteru. Každý řezný materiál má své vlastnosti, které ho předurčují pro použití na vybranou skupinu obráběných materiálů.

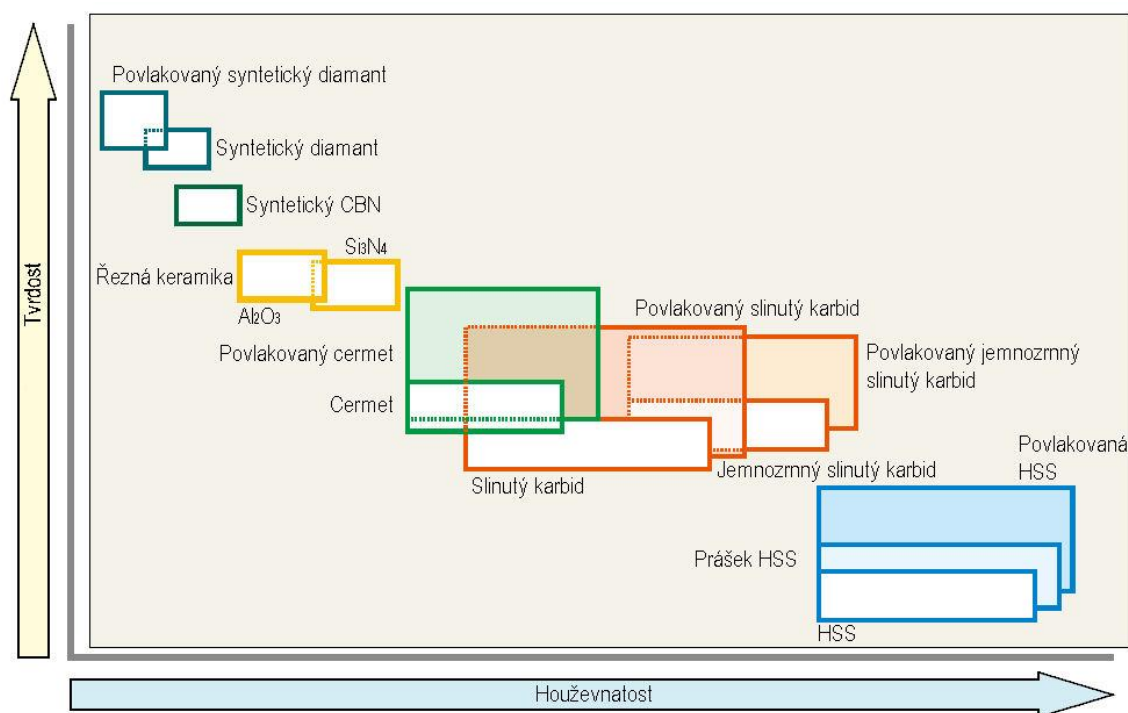
Jako řezné nástroje se v dnešní době používají převážně slinuté karbidy a cermety, které mají nejširší oblast použití. Mezi další řezné materiály patří nástrojové oceli, řezné keramiky a supertvrdé řezné materiály. Protože se v nejbližší době nepředpokládá objevení nového typu řezného materiálu, proto se současní nejvýznamnější výrobci zabývají vývojem a rozšířením oblasti použití již známých řezných materiálů.

Cermety patří mezi řezné materiály, které se vyznačují svou tvrdostí, s nárůstem tvrdosti však klesá houževnatost a pevnost v ohybu, proto se používají především na dokončovací operace, kde nevznikají velké rázy a průřez třísky má konstantní tloušťku.

1. Základní dělení materiálu pro řezné nástroje

Materiály pro řezné nástroje se dělí do několika základních skupin a dále do podskupin. Skupiny jsou charakteristické základním materiálem, do podskupin se materiály dělí podle přísad, kterými se upravuje chemické složení, a dále například podle typu povlaků. Proto se každý materiál vyznačuje svými fyzikálními (tepelná a elektrická vodivost, délková roztažnost), mechanickými (tvrdost, pevnost v ohybu, pevnost v tahu a tlaku, houževnatost), chemickými a tepelnými vlastnostmi. Z toho důvodu je nutné při výběru řezného nástroje dbát na oblast jeho použití, tím se rozumí materiál obráběné součásti a řezné podmínky, tak aby si materiál udržel svoje vlastnosti po co nejdelší dobu i při vysokých teplotách, které vznikají při obrábění. [8]

Řezné nástroje se vyrábí převážně jako vyměnitelné břitové destičky, které se upínají mechanicky nebo pomocí pájení do tělesa nástroje. Výhodou je nižší cena, protože na jednom tělese nástroje se může během obrábění vystřídat několik břitových destiček z různých materiálů. Břitové destičky jsou často vyráběné jako vícebřité a to tak, že se destička po skončení trvanlivosti jednoho břitu otočí a pokračuje se v procesu obrábění. Vyrábí se i jako celistvé nástroje zhotovené z jednoho řezného materiálu, ty se však používají velice zřídka.



Obrázek 1.1 Porovnání mechanických vlastností řezných materiálů. [7]

1.1. Nástrojové oceli

Nástrojové oceli jak sám název napovídá, se používají především k výrobě nástrojů, jako jsou nástroje na stříhání, ohýbání, řezání, tváření za tepla (kování, petchování) i za studena (tažení, protlačování, protahování) a k výrobě měřidel (kalibry, posuvná měřidla a mnoho dalších). [11] [25]

Nástrojové oceli se řadí mezi ušlechtilé oceli. Jako řezné materiály se používaly především v době, kdy nebyla ještě rozvinuta prášková metalurgie, v dnešní době jsou nahrazovány zejména povlakovanými slinutými karbidy nebo cermety. [11] [25]

1.1.1. Nelegované nástrojové oceli

Nelegované nástrojové oceli se vyznačují tím, že obsahují velmi malé množství legujících prvků. Obsahují okolo 1,25 % C a malé množství manganu (Mn). S rostoucím obsahem uhlíku stoupá tvrdost po zakalení a odolnost proti opotřebení, tyto vlastnosti způsobuje martenzitická struktura, s rostoucí tvrdostí se snižuje houževnatost a klesá pevnost v ohybu. Nelegované oceli mají také menší prokalitelnost a snášejí nižší pracovní teploty pohybující se okolo 200 °C, při dosažení této teploty ztrácejí své vlastnosti. Tyto oceli se pro výrobu řezných nástrojů nepoužívají, ale jejich uplatnění je při výrobě závitníků, vrtáků, výstružníků a měřidel. [11] [25]

1.1.2. Legované nástrojové oceli

Legované nástrojové oceli, také nazývané slitinové, obsahují do 1,25% C a další legující prvky, jako je mangan (Mn), nikl (Ni), chrom (Cr), molybden (Mo), wolfram (W) a vanad (V). Oproti nelegovaným oceli se vyznačují dobrou prokalitelností, vyšší tvrdostí a odolávají až dvojnásobně vyšším pracovním teplotám. [11] [25]

1.1.3. Rychlořezné nástrojové oceli

Rychlořezné nástrojové oceli se řadí mezi legované oceli se specifickými vlastnostmi. Jsou určeny pro vysoké výkony řezných nástrojů, tedy tam, kde se používají vysoké otáčky a posuvy. Obsah uhlíku se u těchto ocelí obvykle pohybuje v rozmezí 0,7 až 1,3 %. Řezné nástroje z rychlořezné oceli odolávají vysokým teplotám, jsou houževnaté a mají vysokou odolnost proti opotřebení, to je předurčuje k použití vysokých řezných výkonů a produktivitě výroby. Značení Rychlořezných ocelí podle normy ČSN EN 10027-1 je uvedeno v tabulce 1.1. [11] [25]

Tabulka 1.1 Rychlořezné oceli dle ČSN EN 10027-1. [26]

Základní symboly	
Písmeno	Obsah legujících prvků
HS	n-n
HS = rychlořezná ocel	n-n = čísla oddělená spojovací čárkou, která udává obsah legujících prvků v následujícím pořadí - Wolfram [W] - Molybden [Mo] - Vanad [V] - Kobalt [Co]

Pro porovnání zde uvádím značení nástrojových ocelí podle staré normy ČSN 42 0002:1976. Dle této normy jsou oceli rozděleny do jednotlivých tříd (10 až 17 a 19) nástrojové oceli jsou označovány třídou 19. Systém značení nástrojové oceli je uveden v tabulce 1.2.

Tabulka 1.2 Systém značení oceli třídy 19 dle normy ČSN 42 0002:1976. [12]

Číselná značka	Význam třetí číslice v číselné značce	
19 0xx	3. a 4. číslice u nelegovaných ocelí vyjadřuje střední obsah uhlíku	Nástrojové oceli uhlíkové, nelegované
19 1xx		
19 2xx		
19 3xx	Oceli manganové, křemíkové, vanadové	Legované nástrojové oceli
19 4xx	Oceli chromové	
19 5xx	Oceli chrom-molybdenové	
19 6xx	Oceli niklové	
19 7xx	Oceli wolframové	
19 8xx	Oceli rychlořezné	

Poznámka: 4. číslice v základní číselné značce nástrojových ocelí udává pořadové číslo.

1.2. Slinuté karbidy

Slinuté karbidy jsou vyráběny práškovou metalurgií, která spočívá ve spojení dvou základních strukturních složek, tvrdých karbidů různých druhů (při výrobě slinutých karbidů se používá i více druhů karbidů v jedné struktuře pro dosažení lepších vlastností) a pojiva. Nejčastěji využívanými karbidy při výrobě jsou karbidy wolframu (WC), titanu (TiC), niobu (NbC), tantalu (TaC) a chromu (Cr_3C_2), jako pojivo se používají kovové materiály, nejčastěji kobalt (Co). Prášek pojivové složky se smíchá v daném poměru s práškem karbidů, následuje důkladné promíchání směsi, tak aby výsledná směs byla homogenní, a dohromady se spojí slinováním. Slinování je proces, při kterém dojde za působení teploty a času, v některých případech i tlaku (slinování pod tlakem), ke spojení složek pomocí difuze [25]. Vlastnosti slinutých karbidů jsou závislé na poměru karbidů a pojivního kovu obsaženého ve struktuře a taky na typu karbidů. Mezi jejich vlastnosti patří vysoká tvrdost, kterou si jsou schopny udržet až do 1000 °C, nízká tepelná vodivost a teplotní roztažnost, vysoká odolnost proti opotřebení i za zvýšených teplot. [9]

1.2.1. Nepovlakované slinuté karbidy

Nepovlakované slinuté karbidy tvoří pouze malé procento výroby slinutých karbidů a jsou označovány symboly HW a HF. Podle oblasti použití se rozdělují do šesti skupin. Rozdělení a značení je uvedeno v tabulce 1.3.

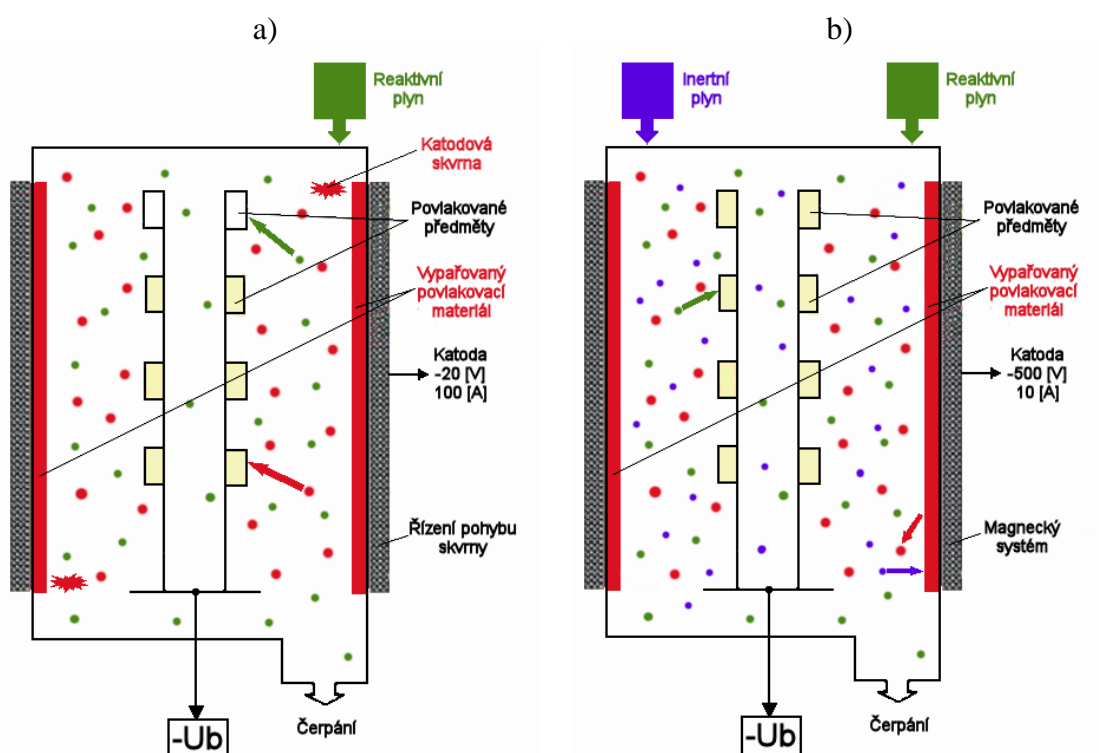
Tabulka 1.3 Rozdělení a značení nepovlakovaných slinutých karbidů. [8] [18]

Značka skupiny	Značka podskupina	Oblast použití
P	P01-P05-P10-P15-P20-P25-P30-P35-P40-P45-P50	Uhlíkové oceli, slitinové oceli a feritické korozivzdorné oceli
M	M01-M05-M10-M15-M20-M25-M30-M35-M40	Lité oceli, austenitické korozivzdorné oceli a tvárné litiny
K	K01-K05-K10-K15-K20-K25-K30-K35-K40	Šedé litiny, neželezné slitiny, nekovové materiály
N	N01-N05-N10-N15-N20-N25-N30	Neželezné kovy a jejich slitiny, jako je například hliník [Al] nebo měď [Cu]
S	S01-S05-S10-S15-S20-S25-S30	Tepelně odolné slitiny titanu a niklu
H	H01-H05-H10-H15-H20-H25-H30	Kalené a vysoce tvrdé oceli, tvrzené litiny

1.2.2. Povlakované slinuté karbidy

V dnešní době se velká část slinutých karbidů povlakuje aby se dosáhlo zvýšení jejich trvanlivosti. Povlakování proto vede ke zlepšení vlastností slinutých karbidů. Povlaky chrání materiál před opotřebením (zejména adhezním, abrazním a difúzním), dovolují použití vyšších řezných rychlostí, posuvů a dovolují použití přerušovaných řezů. Umožňují získání relativně tvrdého povrchu za předpokladu zachování houževnatého jádra. Povlakované slinuté karbidy jsou označovány symbolem HC. Nejčastějšími metodami nanášení povlaků jsou metody PVD (Physical Vapour Deposition) a CVD (Chemical Vapour Deposition), mezi další metody patří například PACVD (Plasma Chemical Vapour Deposition), PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition), MWPCVD (Micro Wave Plasma Chemical Vapour Deposition) a MTCVD (Middle Temperature Chemical Vapour Deposition). [8] [17]

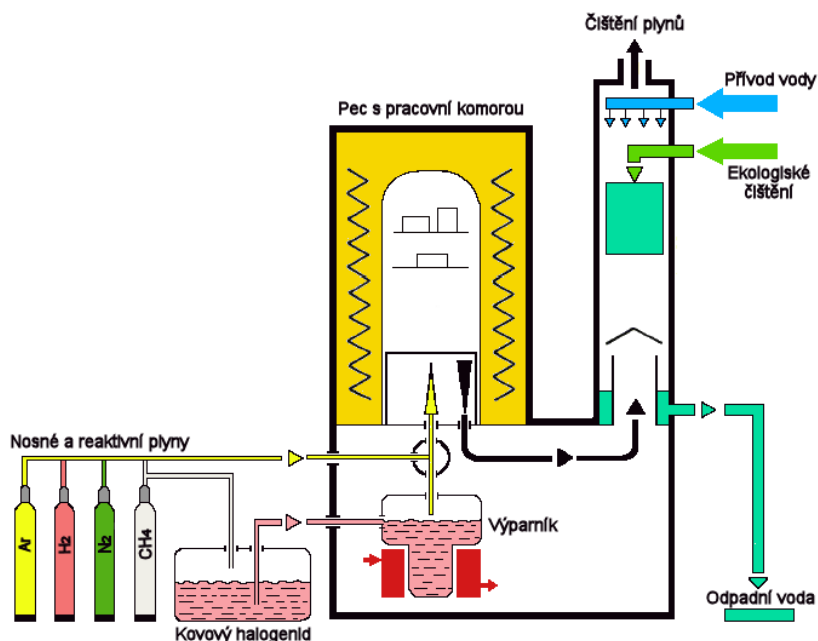
- Metoda PVD: Jedná se o metodu fyzikálního naprašování nebo napařování povlaků na podkladový materiál. Podkladový materiál je umístěn do naprašovací komory a ze stran komory je umožněn přístup povlakovacího materiálu. Během tohoto procesu se materiál otáčí ve všech směrech, tak aby bylo umožněno prášku přilnout ze všech stran materiálu rovnoměrně. Naprašování probíhá za relativně nízkých teplot, obvykle pod 600 °C. [17] Mezi výhody patří vznik tlakových napětí, která v případě vzniku trhliny tuto trhlinu uzavírají a částečně brání jejímu dalšímu šíření, malé ovlivnění podkladového materiálu díky použití nižších teplot, a možnost nanášet povlak i na ostré hrany. Tloušťka nanášené vrstvy se pohybuje okolo 5 µm. [17]



Obrázek 1.2 Schéma povlakování předmětů pomocí metody PVD
a) naprašování, b) napařování. [19]

- Metoda CVD: Jedná se o chemické nanášení povlaků za vysokých teplot, obvykle nad 1000°C. Výhody této metody spočívají v dobré adhezi mezi nanášeným po-

vlakem a podkladovým materiálem. Tloušťka nanášené vrstvy se pohybuje okolo 10 až 13 μm . [17] Mezi nevýhody lze zařadit vliv vysokých teplot na podkladový materiál, vznik tahových napětí a znemožnění nanášení povlaku na ostré hrany. [17]



Obrázek 1.3 Schéma povlakování předmětů pomocí metody CVD. [19]

1.3. Řezná keramika

Keramika jako řezný materiál je tvořena z pevných krystalů. Atomy těchto krystalů mezi sebou vytváří převážně iontové a kovalentní vazby. Výchozími materiály pro výrobu řezné keramiky jsou oxidy (oxid hlinitý (Al_2O_3)), nitridy (nitrid křemíku (Si_3N_4) nebo nitrid titanu (TiN)) a karbidy (karbid titanu (TiC)). Vyrábí se pomocí slinování podobně jako u slinutých karbidů a cermetů.

Vlastnosti řezné keramiky jsou odvozeny z typu vazeb mezi krystaly. Mezi její charakteristické vlastnosti patří vysoká tvrdost i za zvýšených teplot okolo $1200\text{ }^\circ\text{C}$, chemická stabilita při vysokých teplotách, inertní chování vůči obráběnému materiálu, nízká houževnatost a špatná tepelná vodivost. [8]

Tabulka 1.4. Rozdělení a značení řezné keramiky. [8]

Druh keramiky		Složení	Značení
Oxidová keramika	Čistá	Al_2O_3	CA
	Polosměsná	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2$ $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{CoO}$	
	Směsná	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiC}$ $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Ti(C,N)}$ $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{TiC}$ $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiC} + \text{TiN}$	CM
Nitridová keramika	-	Si_3N_4 $\text{Si}_3\text{N}_4 + \text{Y}_2\text{O}_3$ $\text{Si}_3\text{N}_4 + \text{TiN}$ Sialony	CN
Povlakovaná keramika	Povlaky typu PVD nebo CVD		CC

1.4. Supertvrdé řezné materiály

Mezi supertvrdé materiály se řadí kubický nitrid boru (označovaný českou zkratkou KNB, PKNB nebo anglickou zkratkou CBN) a polykrystalický diamant (označovaný PKD). Tyto materiály mají obzvlášť vysokou tvrdost a ořezuvzdornost, ale také vysokou pořizovací cenu a proto se používají pouze pro speciální aplikace. [8]

1.4.1. Polykrystalický diamant

Současně známý nejtvrdší materiál je přírodní diamant, který je však vzácným drahokamem, proto se k obrábění používá průmyslově vyráběný polykrystalický diamant (označovaný zkratkou PKD), který se svou tvrdostí přibližuje k přírodnímu. Syntetický diamant se vyrábí z grafitu, princip spočívá v přeměně hexagonální grafitové mřížky na kubickou mřížku diamantu. Přeměna mřížky je umožněna za přítomnosti vysokých teplot, tlaků a malého množství katalyzátorů (jako katalyzátory se používají přechodové prvky (Cr, Mn, Fe, Co nebo Ni), případně jejich slitiny nebo sloučeniny), které rozpouštějí uhlík v podobě grafitu a umožňují jeho krystalizaci ve formě diamantu. [8]

PKD má nízkou teplotní stálost při vyšších teplotách (nad 650 °C), kdy se mění na grafit, proto se doporučuje používat při obrábění tímto materiálem intenzivního chlazení. Nehodí se při obrábění železných materiálů, ale naopak má velmi dobré uplatnění při obrábění hliníkových slitin, převážně s vysokým obsahem křemíku, dále u slitin mědi, kompozitů vyztužených vlákny, slitin titanu a keramiky. [8]

1.4.2. Polykrystalický kubický nitrid boru

Nitrid boru je vlivem své hexagonální mřížky měkkým materiálem a není vhodný jako řezný nástroj. Vykazuje mnoho podobností s grafitem, je elektricky nevodivý, termicky stálý a málo reaktivní. Pokud se však hexagonální mřížka přemění na kubickou mřížku, stává se z něj vysoce tvrdý materiál. Transformace je umožněna za předpokladu vysokých teplot a tlaků. [8]

Kubický nitrid boru má o něco menší tvrdost než polykrystalický diamant. Jeho chemická stálost i při vysokých řezných teplotách (okolo 2000 °C) umožňuje použití vysokých řezných rychlostí. Má nižší tepelnou vodivost a vyšší tepelnou roztažnost než diamant. Hodí se na obrábění kalených ocelí a tvrzených litin. [8]

2. Cermety

Název cermet vznikl spojením prvních tří písmen dvou anglických slov CERamic a METal. Hlavními strukturními složkami jsou karbidy, nitridy a kovové pojivo. Nejčastěji používanými karbidy a nitridy jsou, karbid titanu (TiC), nitrid titanu (TiN), karbid molybdenu (Mo_2C) a karbonitrid titanu (TiCN), jako pojivo se používají kovové materiály, jako je nikl (Ni) a kobalt (Co), popřípadě se do směsi přidávají další kovové materiály jako je Ti, Ta, W a Mo. [8] [15]

V posledních letech si cermety získali vyšší pozornost a to především díky jejich vysoké tvrdosti, teplotní stabilitě, chemické inertnosti a tepelné vodivosti. Tyto vlastnosti předurčují cermety jako náhradu za slinuté karbidy typu WC. [8] [15]

Hlavní oblast použití cermetů je především v dokončovacích operacích, protože při obrábění vytváří povrchy s velmi malou drsností. To je způsobeno především jejich odolností vůči adhezi a vysokou chemickou stálostí vůči obráběným ocelovým materiálům.

Tabulka 2.1 Značení nástrojových materiálů podle normy ČSN ISO 513. [8]

Materiál		Symbol
Nepovlakované slinuté karbidy s obsahem primárního WC	Zrnitost $\geq 1\mu\text{m}$	HW
	Zrnitost $< 1\mu\text{m}$	HF
Nepovlakované cermety s obsahem TiC, TiN nebo obou		HT
Povlakované slinuté karbidy a cermety		HC
Řezná keramika	Oxidová ŘK s obsahem primárního Al_2O_3	CA
	Směsná ŘK na bázi Al_2O_3 s neoxidovými přísadami	CM
	Neoxidovaná ŘK s obsahem primárního Si_3N_4	CN
	Povlakovaná ŘK	CC
Supertvrdé materiály	Polykrystalický diamant	DP
	Polykrystalický kubický nitrid boru	BN

2.1. Historie

Historicky první firmou, která si nechala patentovat cermetový materiál v letech 1930 až 1931 byla firma Plansee se sídlem v Rakousku. Tento druh cermetu však neposkytoval významné vlastnosti, a proto se první použitelná generace cermetů objevila na trhu až v polovině 20. století v USA. Ani tyto materiály nevyvolaly značnou pozornost v USA ani v Evropě a nevěnoval se jim další značný vývoj. Protože cermet neobsahuje vyšší procento hmotnostního obsahu drahého wolframu, je tento druh řezného materiálu levnější oproti slinutým karbidům. Z tohoto důvodu byly cermety rozvíjeny a zlepšovány v Japonsku, kde se staly uznávaným materiálem. Hlavní centrum vývoje cermetů proto bylo soustředěno právě v Japonsku a tak tomu je až do dnes, protože Japonské firmy nabízejí nejširší oblast použití pro cermetové řezné materiály. [8]

Tabulka 2.2 Historický vývoj cermetů. [8]

Rok	Nový materiál, technologie
1929 až 1931	TiC-Mo ₂ C-Ni,Cr,Mo
1930 až 1931	TaC-Ni, Ti(C,N)-Ni(Co,Fe)
1931	TiC-TaC-Co, TiC-Cr,Mo,W,Ni,Co
1938	TiC-VC-Ni,Fe
1944	TiC-NbC-Ni,Co
1949	TiC-Vc-NbC-Mo ₂ C-Ni
1950	TiC(Mo ₂ C,TaC)-Ni,Co-Cr
1952 až 1966	TiC – tepelně zpracovatelné materiály
1957	TiC-TiB ₂
1965 až 1970	Ti(C,N)-Ni,Mo,TiC-Mo ₂ C-Ni,Mo
1968 až 1970	(Ti,Mo)C-Ni,Mo
1968 až 1973	TiC-Al ₂ O ₃
1969 až 1970	TiC-TiN-Ni
1972 až 1975	TiC-TaN-Ni
1973 až 1974	(Ti,Mo)(C,N)-Ni,Mo,(Ti,W)(C,N)
1977	TiC-TaC-WC-ZrC-(Ni-Mo-Co), patentováno firmou Toshiba Tungaloy
1979	TiC-TaC-Mo ₂ C-Ni
1980	Ti(C,N) precipitačně vytvrzené materiály
1980 až 1983	(Ti,Mo,W)(C,N)-Ni,Mo,Al

Tabulka 2.2 Historický vývoj cermetů - pokračování. [8]

Rok	Nový materiál, technologie
1981 až 1986	Karbidové/karbonitridové cermety na bázi W/Ti/Mo s komplexními pojivy na bázi Co/Ni
1988	(Ti,Ta,Nb,V,W)(C,N)-(Ni,Co),(Ti,Ta,Nb,V,Mo,W)(C,N)-(Ni,Co)-Ti ₂ AlN, vysoká houževnatost, cermety TTI a TTI15 firmy Widia
1988 až 1989	Cermety s 5 až 6 % dusíku, firma Sumimoto
1990 až 1994	Submikrometrová zrnitost (firma Mitsubishi), CVD a PVD povlaky
1991	(Ti,Ta,Nb,V,Mo,W atd.)(C,N)-Ni-Cr

2.2. Výroba

Výroba cermetů je svou technologií podobná výrobě slinutých karbidů. Jako výchozí materiály se používají prášky tvrdých sloučenin (TiC, TiN, Mo₂C, WC a (Ta,Nb)C), které se v daném poměru smíchají s práškem kovového pojiva (Ni nebo Co, případně oba prvky společně). Dále jsou pro výrobu vhodné tuhé roztoky tvrdých složek (Ti(C,N), (Ti,Mo)C, (W,Ti)C, (Ti,Ta,Nb,W)C). Výchozí směs prášků se důkladně roze-mele a promíchá, potom následuje slinovací proces. [8]

Slinování cermetů zahrnuje dvě odlišná stadia a to slinování v tekuté fázi, která je používána ve většině případů a slinování v tuhé fázi. V průběhu ohřevu na slinovací teplotu dochází k několika metalurgickým reakcím mezi tvrdými sloučeninami a kovo-vým pojivem, ale taky mezi tvrdými sloučeninami navzájem. Metalurgické reakce v tuhém stavu zahrnují difúzní procesy, smršťování výlisků a odplynovací reakce. Poji-vové kovy začínají reagovat s tvrdými sloučeninami při vyšších teplotách a vytvářejí tak tekutou fázi, která je výrazně pod bodem tavení čistého kovu. Tím se nastartuje repraci-pitační rozpouštěcí mechanismus mezi taveninou a karbidovými složkami. [8]

Pro výrobu cermetů na bázi karbonitridu titanu (TiCN) se nejčastěji používají ty-to metody (ve vakuu, atmosféře dusíku (N₂) nebo argonu (Ar)): [8]

- Vysokoteplotní lisování
- Vysokoteplotní izostatické lisování (HIP)
- Slinování
- Slinování v kombinaci s metodou HIP

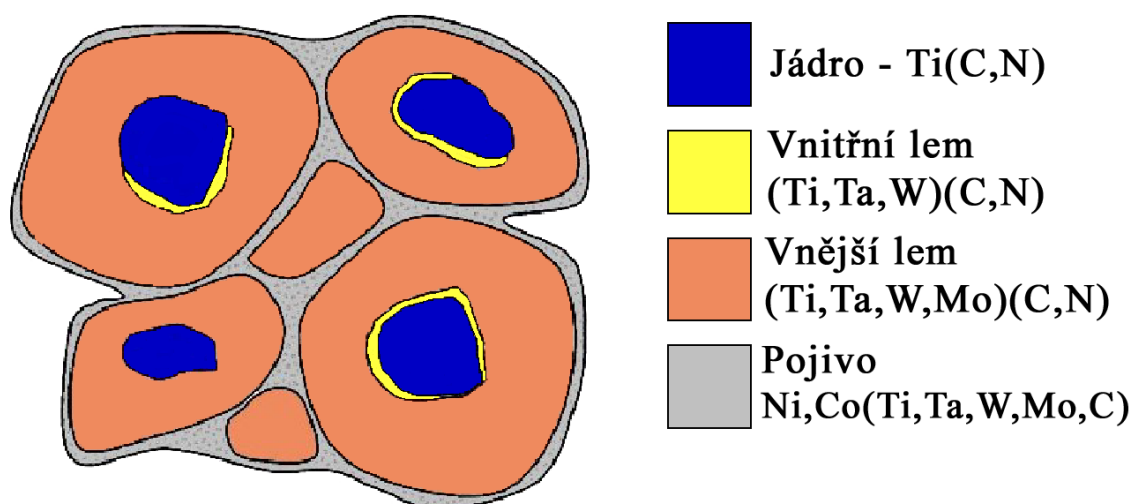
2.2.1. Výroba cermetů metodou PSSS (Pre - Sintering Solid - Solution)

Tato metoda je americkým patentem. Je to metoda pro přípravu tuhého roztoku požado-vaného karbonitridu před vlastním slinovacím procesem. Jedná se o efektivní metodu, která snižuje potřebné množství molybdenu a současně zachovává vysoký obsah dusíku.

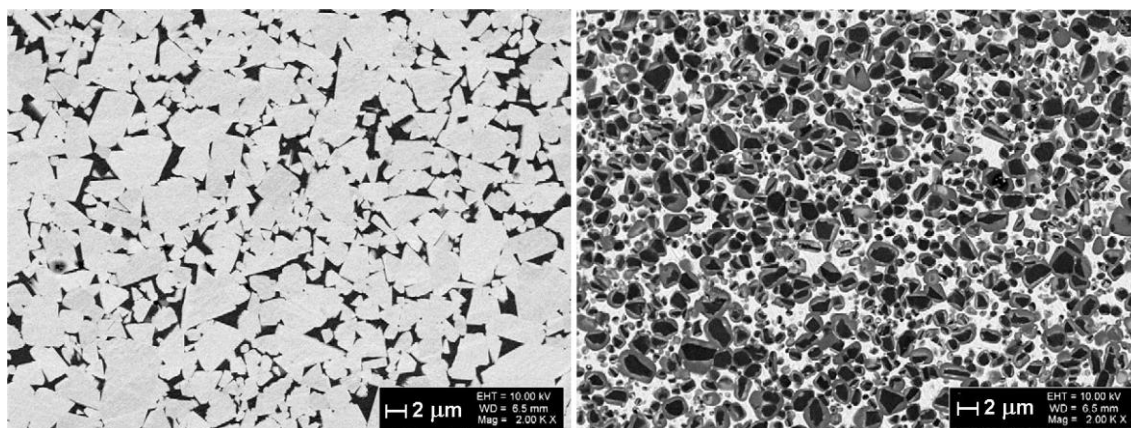
Produktem této metody je tuhý roztok karbonitridu (Ti,W,Ta atd.)(C,N), který je připravován při teplotě vyšší nebo stejné, jako je slinovací teplota připravovaného cer-metu. Následuje rozdrčení na prášek a smíchání s pojivovým kovem Ni a Co. V případě užití metody PSSS jsou kovy vázány v tuhém roztoku karbonitridu (Ta,W,Ti atd.)(C,N). V důsledku nízké rozpustnosti dusíku v roztaveném Ni nebo Co nedochází ke zhrubnutí zrna vlivem potlačení procesů precipitace a rozpouštění tvrdé fáze. Vlivem toho není potřeba přidávat do směsi molybden a výsledný cermet nabývá svých vlastností z vysokého obsahu dusíku. Výsledná struktura cermetu zaručuje vysokou pevnost, hou-ževnatost, odolnost proti opotřebení a současně zachovává dobrou obrobiteľnost. [8]

2.3. Struktura a vlastnosti cermetů

Hlavním faktorem ovlivňujícím výsledné vlastnosti cermetů je jejich složitá mikrostruktura, která je ovlivněna složením a obsahem výchozích materiálů, dále velikostí částic výchozího prášku a také druhem slinovacího procesu. Při porovnání mikrostruktury cermetů a slinutých karbidů typu WC, je mikrostruktura cermetů výrazně složitější. Na obrázku 2.2 je vidět struktura cermetu v porovnání se strukturou slinutého karbidu. Tvrdá fáze karbidů, nitridů nebo karbonitridů zaručuje u cermetů vysokou tvrdost výsledné směsi a kovové pojivo (typu Ni/Co/Ni+Co) obsažené v materiálu dodává materiálu potřebnou houževnatost, odolnost proti změnám teplot a zajišťuje spojení tvrdé fáze s matricí. [8]



Obrázek 2.1 Schéma struktury cermetů. [9]

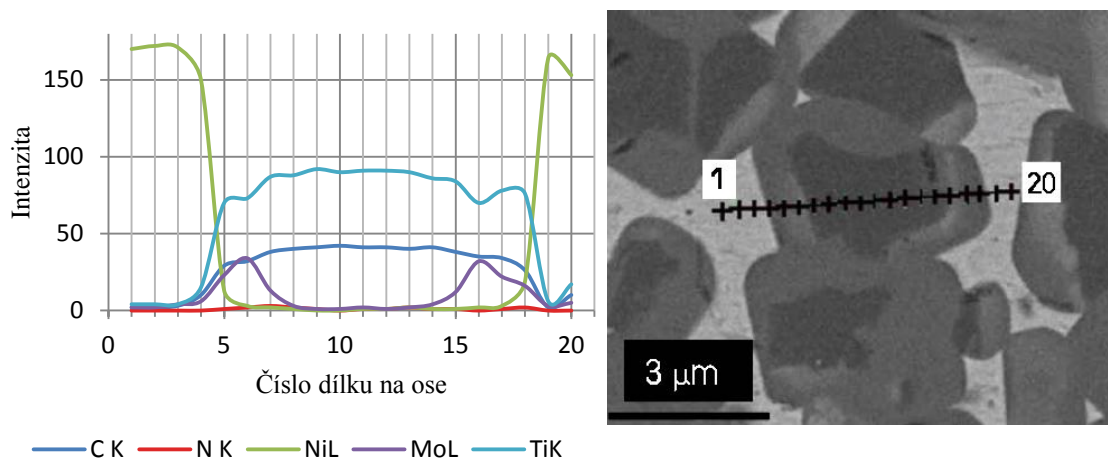


Obrázek 2.2 Struktura slinutého karbidu (vlevo) v porovnání se strukturou cermetu TiC-NiMo (vpravo). [16]

Cermety se skládají z mnoha různých surovin, které se smíchají ve výchozí prášek. Chování cermetů v průběhu slinování se proto liší, což má za následek vznik nejednotné mikrostruktury. [15]

Při zkoumání mikrostruktury cermetů s karbonitridickými zrny bylo zjištěno, že tyto cermety vykazují strukturu, ve které se karbidotvorné prvky slučují a tvoří tvrdé karbidy se strukturou jádro-plášť. [8] Schéma této struktury je vidět na obrázku 2.1.

Jádro je tvořeno karbonitridem titanu, vnitřní plášť karbidu tvoří Ti,Ta,W,Mo(C,N) a vzniká během pevné fáze slinování, zatímco vnější plášť tvoří Ti,Ta,W,Mo(C,N) a vzniká v průběhu tekuté fáze. [15] Pojivo je tvořeno Ni, Co nebo jejich kombinací společně s obsahem dalších prvků rozpuštěných v pojivu během procesu výroby. Vliv jednotlivých složek na strukturu a vlastnosti cermetů je uveden v tabulce 2.3.



Obrázek 2.3 Intenzita složení cermetu Ti(C,N) podél čáry vedoucí skrz zrn. [16]

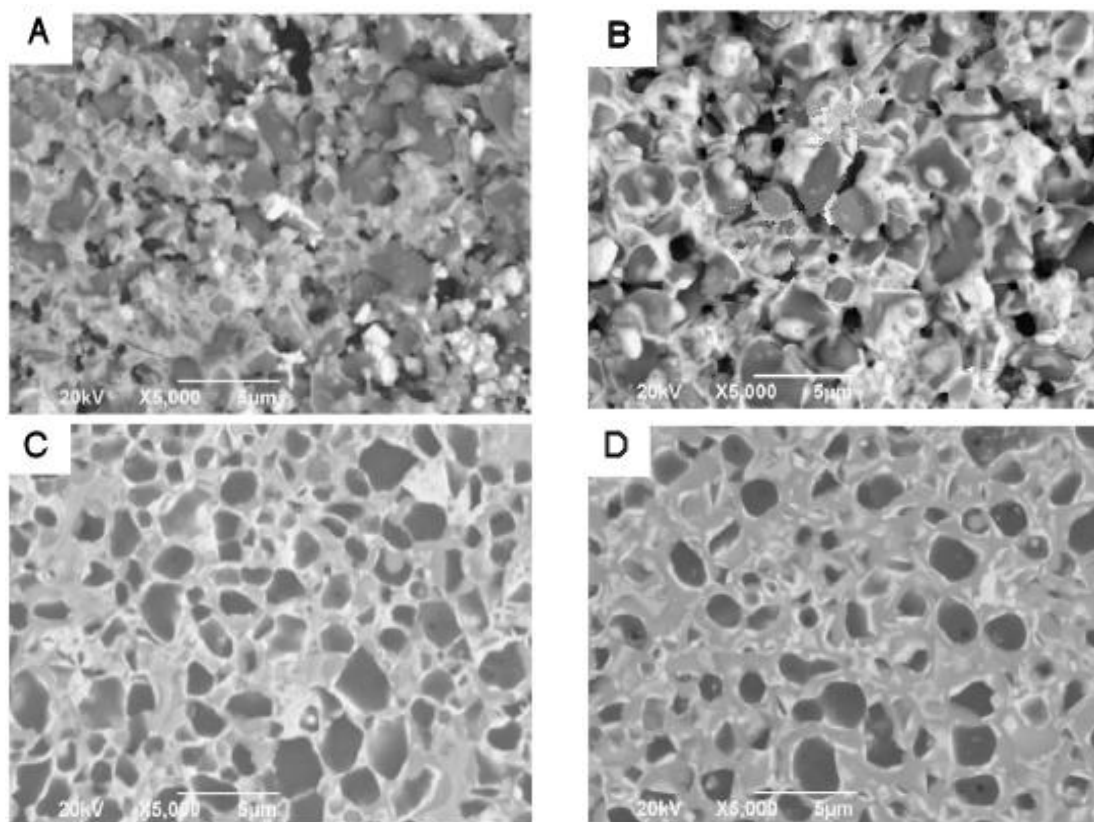
Tabulka 2.3 Vliv jednotlivých složek na strukturu a vlastnosti cermetů. [8]

Prvek nebo strukturní složka	Vliv na strukturu
Narůstající obsah uhlíku (C)	<ul style="list-style-type: none"> - snižuje objem Ti a Mo rozpuštěného v pojivu - zjemňuje zrnitost struktury - zmenšuje objem pláště zrn - zvyšuje tvrdost a snižuje houževnatost
Narůstající obsah molybdenu (Mo)	<ul style="list-style-type: none"> - zvětšuje objem pláště zrn - zmenšuje objem pojiva - zvyšuje smáčivost karbidů a karbonitridů - zvyšuje podíl Ti v plášti zrn - zvyšuje houževnatost
Narůstající obsah karbonitridu titanu (Ti(C,N))	<ul style="list-style-type: none"> - řídí homogenitu struktury - zjemňuje zrnitost - zvyšuje objem Ti a Mo v pojivu - zvyšuje odolnost proti adheznímu a difuznímu opotřebení
Narůstající obsah uhlíku (N)	<ul style="list-style-type: none"> - řídí složení pláště zrn - udržuje shodnou strukturu v jádře i plášti zrn - zlepšuje chemickou stabilitu - zvyšuje odolnost proti teplotním šokům
Vliv uhlíku (C) + dusíku (N)	<ul style="list-style-type: none"> - určují složení pojiva - řídí velikost zrna - řídí objem pláště zrna ve vztahu k jádru
Vliv poměru N/(C+N)	<ul style="list-style-type: none"> - řídí strukturu cermetu; pokud je tento poměr větší než 1/2, je struktura deformována, což snižuje trvanlivost nástroje
Vliv karbidu wolframu (WC)	<ul style="list-style-type: none"> - je obvykle obsažen v plášti zrn a napomáhá zvyšování smáčivosti mezi pojivem a jádrem - tvoří pojivo mezi TaC, NbC a TiC
Vliv karbidu tantalu a niobu (TaC, NbC)	<ul style="list-style-type: none"> - zvyšuje odolnost proti plastické deformaci - zvyšuje odolnost proti tvoření teplotních trhlin

Tabulka 2.3 Vliv jednotlivých složek na strukturu a vlastnosti cermetů - pokračování. [8]

Prvek nebo strukturní složka	Vliv na strukturu
Vliv niklu a kobaltu (Ni+Co)	- tvoří pojivo ve tvaru tuhého roztoku, který má větší odolnost proti plastické deformaci než samotný nikl nebo kobalt - ovlivňuje pevnost výrobku
Vliv karbidu titanu (TiC)	- ovlivňuje tvrdost materiálu - spojuje TaC, NbC v materiálu - řídí poměr N/(N+C) v materiálu
Vliv karbidu vanadu (VC)	- zvyšuje smykovou pevnost TiC vytvářením smíšených krystalů TiC-VC - zvyšuje únavovou pevnost

Ve studii zabývající se tvorbou mechanismu struktury cermetů (jádro-plášť) bylo zkoumáno několik druhů cermetů, které by mohli poskytnout návod na optimalizaci slinovacího procesu určené pro vysoce výkonné cermety na bázi Ti(C,N). Výchozí surovinou pro výrobu prášku byl Ti(C_{0,7}N_{0,3}). Složení všech cermetů bylo stejné (50 hm. % Ti(C,N), 15 hm. % WC, 10 hm. % Mo₂C, 8 hm. % TaC, 10 hm. % Ni, 7 hm. % Co). Čistota výchozích surovin byla vyšší než 99 %. Mletí prášku bylo provedeno na kulovém mlýnu a následné míchání probíhalo po dobu 72 hodin při frekvenci otáčení bubnu 30 ot/min. Následovalo slisování pod tlakem 120 MPa a slinování podle parametrů uvedených v tabulce 2.4. Strukturu cermetů A, B, C a D pořízených pomocí SEM (Scanning Electron Microscope) je vidět na obrázku 2.4. [15]



Obrázek 2.4 Struktura cermetu A, B, C a D pořízená pomocí SEM. [15]

Tabulka 2.4 Podmínky slinování jednotlivých vzorků. [15]

Vzorek	A	B	C	D
Teplota [°C]	950	1150	1350	1400
Doba [min]	60	60	30	60
Rychlost ohřevu [°C/s]	5	5	5	5
Tlak [MPa]				2

Mikrostruktura testovaných cermetů vykazovala strukturu jádro-plášť. Jádro a lem mají stejnou krystalovou strukturu, ale liší se v obsahu rozpuštěných prvků (Ti, W, Mo a Ta). Při 1150 °C došlo ke snížení objemu vnějšího lemu (bílá barva na snímcích ze SEM) složeného z (Ti, W, Mo, Ta)(C,N) a dalších karbidů, jako je WC, Mo₂C a TaC, protože Mo₂C a TaC byl rozpuštěn v Ti(C,N) a kovovém pojivu Ni/Co. Při 1300 °C byla všechna keramická zrna obklopena tlustým a neúplným lemem (bílá barva). Při 1400 °C byly odstraněny všechny póry díky vzniku více tekuté fáze a tlaku plynu. Navíc u tohoto cermetu je jasně vidět typické černé jádro a vnitřní lem (šedá barva), jehož tloušťka vzrostla. Je to v důsledku toho, že těžké kovy z vnějšího lemu se šířili do černého jádra. Proto vnitřní lem obsahuje vyšší koncentraci těchto těžkých kovů. [15]

Pevnost v ohybu a hustota cermetu roste s nárůstem teplot slinování. Pokud dojde ke slinování pod teplotou 1300 °C, pak výrazně klesá hustota a pevnost vlivem vzniku porézních vzorků. Při teplotě 1350 °C došlo k tavení kovového pojiva, a tím došlo k výraznému zvýšení hustoty cermetu. Cermet C, který byl slinován při teplotě 1350 °C má pevnost v ohybu 1120 MPa, to je výrazně méně než cermet D, který má pevnost v ohybu 1850 MPa. [15]

3. Cermet v sortimentu výroby nejvýznamnějších světových producentů nástrojů a nástrojových materiálů

3.1. MITSUBISHI MATERIALS CORPORATIONS

Společnost, která je dnes známá pod názvem Mitsubishi Materials Corporations byla založena v roce 1868 v Japonsku, kde se v té době zaměřila na důlní průmysl. Za více než století vývoje se společnost rozrostla a rozvíjí své aktivity společně s modernizací Japonska. V dnešní době se zaměřuje na široké spektrum odvětví a je také významným výrobcem řezných materiálů. [20]

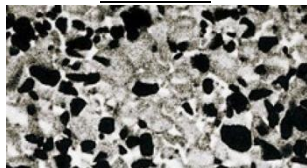


Obrázek 3.1 Logo společnosti Mitsubishi Materials Corporations. [20]

3.1.1. Sortiment společnosti Mitsubishi Materials Corporations: [1] [2]

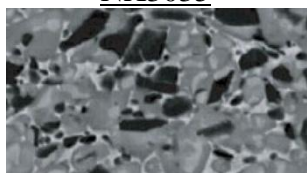
Řezné materiály pro soustružení:

NX2525



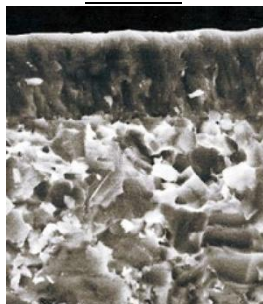
- Rozsah použití: **P10–P20, M10–M20 a K10–K20.**
- Nepovlakovaný materiál na bázi cermetu, který obsahuje složky Ti.
- Materiál je vysoce odolný proti opotřebení, vhodný pro dokončovací operace obrábění ocelí a litin nízkými řeznými rychlostmi. Vhodný pro soustružení i frézování.

NX3035



- Rozsah použití: **P10–P20.**
- Nepovlakovaný cermet.
- Základní pojivo má zvýšenou tepelnou vodivost a lepší odolnost proti teplotním šokům, což dodává materiálu stabilnější řezné výkony.
- Materiál vhodný pro mokré obrábění ocelí.

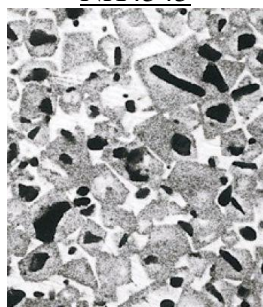
AP25N



- Rozsah použití: **P01–P20, M01–M20 a K01–K20.**
- Cermetový materiál opatřený povlakem TiN/(Ti,Al)N naneseným metodou PVD.
- V podstatě se jedná o povlakovaný NX2525 cermet, který má vyšší odolnost proti opotřebení a dobré vlastnosti obrobené plochy.

Řezné materiály pro frézování:

NX4545



- Rozsah použití: **P20–P30 a M20–M30.**
- Řezný materiál na bázi cermetu bez povlaku.
- Materiál je vyroben ze speciální směsi, která mu dodává vysokou odolnost proti opotřebení.

Tabulka 3.1. Řezné podmínky při obrábění řeznými materiály společnosti Mitsubishi Materials pozitivní geometrií. [1]

Skupina materiálu	Popis obráběného materiálu	Tvrdost [HB]	Typ operace	Řezný materiál	Doporučená řezná rychlost v_c [m/min]	Šířka záběru ostří a_p [mm]	Posuv na otáčku f [mm]
P	Nízkouhlíkové oceli a slitiny	≤ 180	Dokončovací operace	NX2525	225-320	0,20-0,90	0,04-0,20
				NX3035	215-305	0,20-0,90	0,04-0,20
				NX4545	130-230	-	0,07-0,23
			Lehké obrábění	NX2525	225-320	0,20-1,00	0,06-0,25
				NX3035	215-305	0,20-1,00	0,06-0,25
				NX4545	130-230	-	0,10-0,28
			Střední obrábění	NX2525	185-265	0,30-2,00	0,08-0,30
	Středně uhlíkové oceli a slitiny	180-280	Dokončovací operace	NX2525	160-235	0,20-0,90	0,04-0,20
				NX3035	160-225	0,20-0,90	0,04-0,20
				NX4545	120-180	-	0,06-0,20
			Lehké obrábění	NX4545	120-180	-	0,10-0,25
	Vysokouhlíkové slitiny	280-350	Dokončovací operace	NX2525	160-235	0,20-0,90	0,04-0,20
				NX3035	160-225	0,20-0,90	0,04-0,20
				NX4545	80-120	-	0,05-0,15
			Lehké obrábění	NX3035	160-225	0,20-1,00	0,06-0,25
				NX4545	80-120	-	0,10-0,20
M	Korozivzdorné oceli	≤ 270	Dokončovací operace	NX4545	120-180	-	0,07-0,23
			Lehké obrábění	NX4545	120-180	-	0,10-0,28

Tabulka 3.2. Řezné podmínky při obrábění řeznými materiály společnosti Mitsubishi Materials negativní geometrií. [1]

Skupina materiálu	Popis obráběného materiálu	Tvrdost [HB]	Typ operace	Řezný materiál	Doporučená řezná rychlost v_c [m/min]	Šířka záběru ostří a_p [mm]	Posuv na otáčku f [mm]
P	Nízkouhlíkové oceli a slitiny	≤ 180	Dokončovací operace	VP25N	285-445	0,20-0,80	0,09-0,23
				NX3035	260-370	0,20-0,80	0,09-0,23
			Lehké soustružení	VP25N	260-405	0,50-1,20	0,16-0,33
				NX3035	235-335	0,50-1,20	0,16-0,33
	Středně uhlíkové oceli a slitiny	180-280	Dokončovací operace	NX2525	215-340	0,20-1,00	0,08-0,20
	Vysokouhlíkové slitiny	280-350	Dokončovací operace	NX2525	215-340	0,20-1,00	0,08-0,20

3.2. KYOCERA

Společnost Kyocera je globální skupinou, která má sídlo a mateřskou společnost v Japonsku, kde byla roku 1959 založena. Tato společnost se zabývá výrobou a prodejem inovativních a vysoce kvalitních výrobků na bázi pokročilých materiálů a komponentů. [21]



Obrázek 3.2 Logo společnosti Kyocera. [21]

3.2.1. Sortiment společnosti Kyocera: [3] [4]

Řezné materiály pro soustružení:

- TN6020 - Rozsah použití: **P01–P20** a **M01–M20**.
- Nepovlakovaný mikrozrnňý cermet s dobrou odolností proti opotřebení a houževnatostí.
- Zvláště vhodný pro obrábění uhlíkových a korozivzdorných ocelí.
- PV7005 - Rozsah použití: **K01–K10**.
- Cermet opatřený multivrstvým PVD povlakem s vynikající odolností proti opotřebení.
- Vhodný pro vysokorychlostní dokončovací operace materiálů ze šedé a tvárné litiny.
- PV7010 - Rozsah použití: **P01–P10** a **K01–K10**.
- Mikrozrnňý cermet opatřený povlakem, který je nanesený metodou PVD. Povlak dodává materiálu vynikající odolnost proti opotřebení a zachovává jeho houževnatost.
- Materiál je hodný pro obrábění ocelí, kterým dodává vynikající kvalitu obrobené plochy.

Řezné materiály pro upichování (zapichování):

- TC40 - Rozsah použití: **P01–P20** a **M01–M20**.
- Nepovlakovaný cermet s dobrou kombinací odolnosti proti opotřebení a houževnatostí.
- Zvláště vhodný pro zapichování a řezání závitů.

Řezné materiály pro frézování:

- TN100M - Rozsah použití: **P01–P20** a **M01–M20**.
- Nepovlakovaný cermet se zvýšenou odolností proti oxidaci a odolností proti teplotním změnám.
- Vhodný pro frézování uhlíkových a legovaných ocelí vysokými řeznými rychlostmi.

Tabulka 3.3 Vlastnosti řezných materiálů společnosti Kyocera. [3] [4]

		TN6020	TN100M	TN60	TN40	PV7005	PV7010
Barva		Šedá	Šedá	Šedá	Šedá	Načervenalá	Načervenalá
Hlavní složka		TiCN	TiCN + NbC	TiCN + NbC	TiC + TiN	TiC + TiN	TiCN
Typ povlaku		-	-	-	-	PVD	PVD
Relativní hustota [g.cm ⁻³]		6,4	6,7	6,6	6,0	6,0	6,5
Tvrdost	[HV]	1500	1520	1600	1650	1650	1700
	[GPa]	14,7	14,9	15,7	16,2	16,2	16,7
Lomová houževnatost [MPa.m ^{1/2}]		10,0	10,5	9,0	9,0	8,5	7,0

Tabulka 3.4 Řezné podmínky při soustružení reznými materiály společnosti Kyocera pozitivní geometrií VBD. [3]

Skupina materiálu	Popis obráběného materiálu	Tvrdost [HB]	Typ operace	Typ řezu	Řezný materiál	Doporučená řezná rychlost v_c [m/min]	Šířka záběru ostří a_p [mm]	Posuv na otáčku f [mm]
P	Nízkouhlíkové oceli a slitiny	≤ 300	Přesné řezání	Nepřerušovaný	TN6020	250–460	0,05–0,5	0,025–0,15
			Dokončovací operace	Nepřerušovaný	PV7010	60–300	0,2–1,00	0,05–0,2
			Střední dokončovací operace	Nepřerušovaný	PV7010	150–250	0,5–2,00	0,1–0,25
	Středně uhlíkové oceli a slitiny	≤ 300	Přesné řezání	Nepřerušovaný	TN6020	150–250	0,05–0,5	0,025–0,15
			Dokončovací operace	Nepřerušovaný	PV7010	150–250	0,5–1,00	0,05–0,2
			Střední dokončovací operace	Nepřerušovaný	PV7010	70–120	0,5–2,00	0,1–0,25
	Vysokouhlíkové slitiny	≤ 280	Přesné řezání	Nepřerušovaný	TN6020	120–180	0,05–0,5	0,025–0,15
			Dokončovací operace	Nepřerušovaný	PV7010	120–180	0,2–1,00	0,05–0,2
			Střední dokončovací operace	Nepřerušovaný	PV7010	120–180	0,5–2,00	0,1–0,25
K	Šedé litiny	≤ 250	Dokončovací operace	Nepřerušovaný	PV7005	60–300	0,2–1,00	0,05–0,2
	Tvárné litiny	≤ 270	Dokončovací operace	Nepřerušovaný	PV7005	150–250	0,2–1,00	0,05–0,2

Tabulka 3.5 Řezné podmínky při soustružení řeznými materiály společnosti Kyocera negativní geometrií VBD. [3]

Skupina materiálu	Popis obráběného materiálu	Tvrdost [HB]	Typ operace	Typ řezu	Řezný materiál	Doporučená řezná rychlost v_c [m/min]	Šířka záběru ostří a_p [mm]	Posuv na otáčku f [mm]
P	Nízkouhlíkové oceli a slitiny	≤ 300	Dokončovací operace	Nepřerušovaný	TN6020	250–380	0,2–0,7	0,06–0,2
				Přerušovaný	TN6020	200–320	0,2–0,7	0,06–0,2
				Nepřerušovaný	PV7010	250–355	0,2–0,7	0,06–0,2
			Střední dokončovací operace	Nepřerušovaný	TN6020	250–355	0,5–1,5	0,17–0,3
				Přerušovaný	TN6020	180–300	0,5–1,5	0,17–0,3
				Nepřerušovaný	PV7010	250–355	0,5–1,5	0,17–0,3
	Středně uhlíkové oceli a slitiny	≤ 300	Dokončovací operace	Nepřerušovaný	PV7010	200–300	0,3–1,00	0,2–0,4
			Střední dokončovací operace	Nepřerušovaný	PV7010	180–260	0,3–1,00	0,2–0,4
				Přerušovaný	TN6020	150–250	0,5–2,5	0,1–0,2
	Vysokouhlíkové slitiny	≤ 280	Dokončovací operace	Přerušovaný	TN6020	120–220	0,3–1,00	0,05–0,2
				Nepřerušovaný	PV7010	120–240	0,3–1,00	0,05–0,2
M	Korozivzdorné oceli	≤ 220	Dokončovací operace	Nepřerušovaný	TN6020	120–200	0,5–1,5	0,08–0,2
				Přerušovaný	TN6020	100–150	0,5–1,5	0,05–0,15
		≤ 300	Dokončovací operace	Nepřerušovaný	TN6020	100–150	0,5–1,5	0,05–0,15
				Přerušovaný	TN6020	80–120	0,5–1,5	0,05–0,15
K	Šedé litiny	≤ 250	Dokončovací operace	Nepřerušovaný	PV7005	300–400	0,5–1,5	0,1–0,3
				Přerušovaný	TN6020	100–200	0,5–1,5	0,08–0,2
	Tvárné litiny	≤ 270	Dokončovací operace	Nepřerušovaný	PV7005	150–300	0,5–1,5	0,1–0,3
				Přerušovaný	TN6020	100–180	0,5–1,5	0,08–0,2

3.3. KENNAMETAL

Kennametal je předním světovým výrobcem nástrojů, a moderních řezných materiálů určených pro obráběcí procesy. Společnost byla založena v roce 1938 a v dnešní době zaměstnává téměř 14000 zaměstnanců v 60 zemích po celém světě včetně zastoupení České republiky, kde se pobočka společnosti nachází v Říčanech u Prahy. Centrála společnosti se nachází ve městě Latrobe v Pennsylvánii (USA). [22]

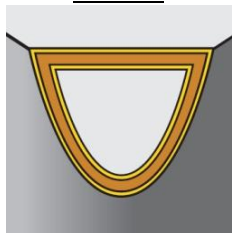


Obrázek 3.3 Logo společnosti Kennametal. [22]

3.3.1. Sortiment společnosti Kennametal: [5] [6]

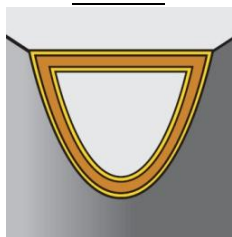
Řezné materiály pro soustružení a upichování (zapichování):

KT315



- Rozsah použití: **P05–P10, M05–M10 a K05–K10.**
- Cermet opatřený multivrstevným TiN/TiCN/TiN povlakem naneseným metodou PVD.
- Vhodný pro dokončovací operace vysokými řeznými rychlostmi a středně obtížné soustružení většiny uhlíkových legovaných a korozivzdorných ocelí.
- Poskytuje dlouhou životnost nástroje a drsnost obrobené plochy.

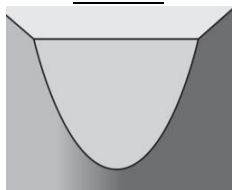
KTP10



- Rozsah použití: **P05–P10, M05–M10 a K05–K10.**
- Materiál na bázi cermetu opatřený multivrstevným TiN/TiCN/TiN PVD povlakem.
- Vhodný pro obrábění vysokými výkony většiny uhlíkových a legovaných ocelí včetně korozivzdorných. Vhodný také pro obrábění tvárných litin.
- Vysoká životnost nástroje a vynikající vlastnosti obrobené plochy.

Řezné materiály pro vrtání:

KT325



- Rozsah použití: **P20–P30.**
- Nepovlakovaný cermet
- Vysoká úroveň produktivity při použití vyšších rychlostí. Vynikající odolnost proti opotřebení při obrábění ocelí.

KT6215



- Rozsah použití: **P10–P20** a **K10–K20**.
- Cermet opatřený TiAlN PVD povlakem.
- Vynikající odolnost proti opotřebení a dobrá houževnatost. Vhodný pro použití vysokých řezných rychlostí při obrábění ocelí a litiny.

Řezné materiály pro frézování:

KTPK20



- Rozsah použití: **P15–P25**, **M15–M20** a **K15–K25**.
- Materiál na bázi cermetu opatřený multivrstvým TiAlN-AlCrN PVD povlakem.
- Obrábění ocelí, korozivzdorných ocelí a litin za sucha.

Tabulka 3.6 Hodnoty řezných rychlostí pro soustružení a upichování (zapichování). [5] [6]

ISO				Soustružení				upichování (zapichování)	
Skupina materiálu	Popis obráběného materiálu	Tvrdost [HB]	Pevnost v tahu [MPa]	KTP10		KT315		KT315	
				Doporučená řezná rychlost v_c [m/min]	Rozsah řezné rychlosti v_c [m/min]	Doporučená řezná rychlost v_c [m/min]	Rozsah řezné rychlosti v_c [m/min]	Doporučená řezná rychlost v_c [m/min]	Rozsah řezné rychlosti v_c [m/min]
P0	Nízkouhlikové oceli s dlouhou třískou	< 125	< 530	435	180–495	440	180–480	260	185–300
P1	Nízkouhlikové oceli s krátkou třískou	< 125	< 530	435	180–495	440	180–480	260	185–300
P2	Středně a vysoce uhlíkové oceli	< 220	> 530	240	180–400	270	190–400	260	185–300
P3	Legované oceli	< 330	600 – 850	205	180–275	210	180–275	260	185–300
P4	Legované oceli	340 – 450	850 – 1400	160	90–220	210	90–220	260	185–300
P5	Feritické, martenzitické a korozivzdorné oceli	<330	600 – 900	240	150–315	250	150–295	260	185–300
P6	Vysokopevnostní feritické, martenzitické a nerezové oceli	350 – 450	900 – 1350	200	145–305	200	145–300	260	185–300
M1	Austenitické korozivzdorné oceli	130 – 200	< 600	-	-	230	145–310	170	115–245
M2	Vysokopevnostní austenitické a korozivzdorné oceli	150 – 230	600 – 800	-	-	215	140–295	170	115–245
M3	Nerezové oceli	135 – 275	< 800	-	-	200	140–310	170	115–245
K1	Šedé litiny	120 – 290	125 – 500	-	-	275	150–440	-	-
K2	Nízko a středně pevné litiny a grafitické litiny	130 – 250	< 600	-	-	275	150–440	-	-
K3	Vysoce pevné tvárné litiny a kalené tvárné litiny	180 – 350	> 600	-	-	230	150–440	-	-

Tabulka 3.7 Hodnoty řezných rychlostí pro vrtání a frézování. [5] [6]

ISO				Vrtání				Frézování	
Skupina materiálu	Popis obráběného materiálu	Tvrdost [HB]	Pevnost v tahu [MPa]	KT325		KT6215		KTPK20	
				Doporučená řezná rychlost v_c [m/min]	Rozsah řezné rychlosti v_c [m/min]	Doporučená řezná rychlost v_c [m/min]	Rozsah řezné rychlosti v_c [m/min]	Doporučená řezná rychlost v_c [m/min]	Rozsah řezné rychlosti v_c [m/min]
P0	Nízkouhlíkové oceli s dlouhou třískou	< 125	< 530						
P1	Nízkouhlíkové oceli s krátkou třískou	< 125	< 530	180	150–210	210	180–240	360	310–440
P2	Středně a vysoce uhlíkové oceli	< 220	> 530	180	150–210	210	180–240	225	190–270
P3	Legované oceli	< 330	600 – 850	160	130–180	180	150–210	205	170–245
P4	Legované oceli	340 – 450	850 – 1400	130	100–150	150	120–170	160	130–185
P5	Feritické, martenzitické a korozivzdorné oceli	<330	600 – 900	100	80–120	130	100–150	205	175–255
P6	Vysokopevnostní feritické, martenzitické a nerezové oceli	350 – 450	900 – 1350	100	80–120	130	100–150	125	< 150
M1	Austenitické korozivzdorné oceli	130 – 200	< 600	-	-	-	-	235	200–285
M2	Vysokopevnostní austenitické a korozivzdorné oceli	150 – 230	600 – 800	-	-	-	-	220	185–260
M3	Nerezové oceli	135 – 275	< 800	-	-	-	-	160	< 195
K1	Šedé litiny	120 – 290	125 – 500	180	150–200	210	180–240	235	195–275
K2	Nízko a středně pevné litiny a grafitické litiny	130 – 250	< 600	160	130–180	180	150–210	180	160–220
K3	Vysoce pevné tvárné litiny a kalené tvárné litiny	180 – 350	> 600	130	100–160	150	120–170	150	130–185

3.4. Pramet Tools

Společnost Pramet Tools se zabývá především výrobou, vývojem a prodejem obráběcích nástrojů ze slinutého karbidu, v poslední době zařadila mezi nabízené obráběcí materiály i cermety. Hlavní sídlo této společnosti se nachází ve městě Šumperk v České republice, kde sídlí i výrobní závod. Dceřiné společnosti se nachází v devíti zemích a to i v zámorí (Indie, Čína). Řadí se mezi 20 největších světových firem a usilují o dodávání produktů 1 % světového trhu. [23]



Obrázek 3.4 Logo společnosti Pramet Tools. [23]

3.4.1. Sortiment společnosti Pramet Tools: [7]

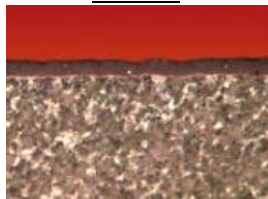
Řezné materiály pro soustružení:

TT010



- Rozsah použití: **P01–P10** a **M01–M10**.
- Nepovlakovaný materiál na bázi cermetu vhodný pro dokončovací operace
- Vysoce tepelně a chemicky stabilní
- Vhodný pro obrábění materiálu skupiny P a M
- Vhodný pro dokončovací operace s nízkými posuvy
- Stabilní řezné podmínky
- Střední až vysoké řezné rychlosti

TT310



- Rozsah použití: **P10–P25** a **M15–M25**.
- Materiál na bázi cermetu opatřen nanovrstvým PVD povlakem na bázi TiAlN opatřený zlatou vrstvou TiN
- Vysoce otěruvzdorný, tepelně i chemicky stabilní
- Vhodný pro obrábění materiálů skupiny P, podmíněně i M
- Vhodný pro dokončovací operace s nízkými posuvy
- Střední až vysoké řezné rychlosti

Tabulka 3.8 Doporučené řezné podmínky při obrábění materiálů skupiny P řezným materiálem TT010 a TT310. [7]

						TT010	TT310
Skupina materiálu	Popis obráběného materiálu		Typ operace	Posuv na otáčku f [mm]	Šířka záběru ostří a _p [mm]	Doporučená řezná rychlost v _c [m/min]	
P	P1	Oceli a ocelolitiny s velmi dobrou (zlepšenou) obrobitelností, automatové a nízkouhlíkové oceli	Jemné soustružení	0,05	0,5	761	577
				0,08	0,5	650	498
				0,10	0,5	599	465
			Dokončovací soustružení	0,05	0,5	566	414
				0,08	0,5	493	364
				0,10	0,5	442	330
	P2	Nelegované a nízkolegované ocelolitiny a oceli se středním obsahem uhlíku (0,25 <C<0,55) s pevností do 900MPa a tvrdosti v rozsahu 160-255HB	Jemné soustružení	0,05	0,5	585	443
				0,08	0,5	499	383
				0,10	0,5	460	357
			Dokončovací soustružení	0,05	0,5	434	318
				0,08	0,5	378	280
				0,10	0,5	340	254
	P3	Hůře obrobitelné nelegované a nízkolegované ocelolitiny a oceli se středním obsahem uhlíku s pevností do 1000 MPa a tvrdostí do 300HB	Jemné soustružení	0,05	0,5	469	355
				0,08	0,5	400	307
				0,10	0,5	369	286
			Dokončovací soustružení	0,05	0,5	348	255
				0,08	0,5	304	224
				0,10	0,5	273	204
	P4	Středně až vysoce legované ocelolitiny a oceli (většinou s obsahem uhlíku 0,55 <C), pevností do 1270 MPa a tvrdostí do 375HB resp. 40HRC)	Jemné soustružení	0,05	0,5	354	268
				0,08	0,5	302	231
				0,10	0,5	278	216
			Dokončovací soustružení	0,05	0,5	263	192
				0,08	0,5	229	169
				0,10	0,5	205	153

Tabulka 3.9 Doporučené řezné podmínky při obrábění materiálů skupiny M řezným materiálem TT010 a TT310. [7]

						TT010	TT310
Skupina materiálu		Popis obráběného materiálu	Typ operace	Posuv na otáčku f [mm]	Šířka záběru ostří a _p [mm]	Doporučená řezná rychlost v _c [m/min]	
M	M1	Feritické korozivzdorné oceli	Jemné soustru- žení	0,05	0,5	402	304
				0,08	0,5	338	260
				0,10	0,5	314	240
			Dokončovací soustružení	0,05	0,5	299	216
				0,08	0,5	255	191
				0,10	0,5	230	172
	M2	Martenzitické korozivzdorné oceli	Jemné soustru- žení	0,05	0,5	390	295
				0,08	0,5	328	252
				0,10	0,5	304	233
			Dokončovací soustružení	0,05	0,5	290	209
				0,08	0,5	247	185
				0,10	0,5	223	166
	M3	Austenitické korozivzdorné oceli	Jemné soustru- žení	0,05	0,5	369	279
				0,08	0,5	311	239
				0,10	0,5	288	221
			Dokončovací soustružení	0,05	0,5	275	198
				0,08	0,5	234	176
				0,10	0,5	212	158
	M4	Feriticko - austenitické (duplexní) a superaustenitické korozivzdorné oceli	Jemné soustru- žení	0,05	0,5	344	260
				0,08	0,5	290	223
				0,10	0,5	269	206
			Dokončovací soustružení	0,05	0,5	256	185
				0,08	0,5	218	164
				0,10	0,5	197	147

3.5. Porovnání cermetů od jednotlivých výrobců

Srovnání řezných materiálů od různých výrobců je velice obtížné. Je to způsobeno tím, že každý výrobce udává vlastní systém rozdělení obráběných materiálů a jejich různé vlastnosti, jako je tvrdost nebo pevnost v tahu. Porovnání řezných materiálů je však možné na základě normy ISO, kterou každý výrobce udává jako dodatečné rozdělení. Někteří výrobci (jako je např. Sandvik Coromant) přecházejí již na tuto normu, která rozděluje materiály do šesti skupin: [24]

ISO P - Oceli

ISO M - Korozi-vzdorné oceli

ISO K - Litiny

ISO N - Neželezné kovy

ISO S - Žárovzdorné superslitiny

ISO H - Oceli s tvrdostí 45–65 HRC a tvrzené litiny o tvrdosti 400–600 HB

V tabulce 3.10 je uvedeno rozdělení obráběných materiálů dle normy ISO společně s rozsahem použití řezných materiálů pro soustružení jednotlivých výrobců.

Tabulka 3.10 Rozsah použití řezných materiálů pro soustružení jednotlivých výrobců, rozdělení dle ISO.

ISO		Výrobce									
		Mitsubishi Materials Corporations			Kyocera			Kennametal		Pramet Tools	
Skupina materiálu		NX2525	NX3035	AP25N	TN6020	PV7005	PV7010	KT315	KTP10	TT010	TT310
P - Oceli	P01			•	•		•			•	
	P05			•	•		•	•	•	•	
	P10	•	•	•	•		•	•	•	•	•
	P15	•	•	•	•						•
	P20	•	•	•	•						•
	P25										•
M – Korozi-vzdorné oceli	M01			•	•					•	
	M05			•	•			•	•	•	
	M10	•		•	•			•	•	•	
	M15	•		•	•						•
	M20	•		•	•						•
	M25										•
K - litiny	K01			•		•	•				
	K05			•		•	•	•	•		
	K10	•		•		•	•	•	•		
	K15	•		•							
	K20	•		•							

ZÁVĚR

Cermety jsou řezným materiálem, který prodělal mnoho let vývoje a úpravy chemického složení i mechanických a fyzikálních vlastností. Na počátku jeho objevení se mu však nevěnovala značná pozornost až do doby, kdy se jeho dalšímu vývoji začali věnovat v Japonsku. To bylo způsobeno tím, že cermety neobsahují žádné významné procento drahých prvků, jakým je například u slinutých karbidů wolfram. V současné době nachází uplatnění v oblasti mezi slinutými karbidy a řeznou keramikou, které vhodně doplňují, a jejich další vývoj bude v následujících letech zcela jistě pokračovat, protože se začíná na trhu objevovat stále častěji.

Díky své vyšší tvrdosti oproti slinutým karbidům, dále dobré houževnatosti a chemické stálosti nalézá uplatnění při obrábění legovaných ocelí a jejich slitin, korozivzdorných ocelí a také šedých nebo tvárných litin. Své uplatnění nachází jak při soustružení, tak i frézování a v některých případech i pro vrtání otvorů. Jsou vhodné především pro střední obrábění, ale i dokončovací operace. Při obrábění materiálů vytvářejí dobré vlastnosti a příznivý vzhled obrobeneho povrchu.

Významný podíl na vlastnostech a struktuře cermetů má obsah jednotlivých prvků. V tomto směru se provádí mnoho výzkumných projektů, které se tímto vlivem na strukturu a mechanické nebo chemické vlastnosti zabývají. Vliv jednotlivých prvků se zkoumá na základě změny hmotnostního nebo objemového podílu prvků a strukturních složek ve výsledné struktuře.

Cermety se v sortimentu výrobců vyskytují převážně jako kompaktní tělesa ve formě vyměnitelných břitových destiček. Mezi přední světové výrobce se řadí Japonské firmy Mitsubishi Materials a Kyocera, které uvádějí pro cermety vlastní výroby širší aplikační rozsah oproti společnosti Kennametal. Ta však nezůstává pozadu a ve své nabídce má několik řezných materiálů na bázi cermetu pro použití při soustružení, frézování i vrtání.

Česká firma Pramet Tools donedávna nenabízela ve svém sortimentu žádný cermetový materiál. Od roku 2014 zařadila mezi nabízené materiály dva cermety pro obrábění legovaných a korozivzdorných ocelí.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION. *General Catalogue* [online]. Japan [vid. 2014-05-24]. Dostupné z: http://www.mitsubishicarbide.com/EU/West/product/pdf/c_n_other/c005e.pdf
- [2] MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION. *New Cermet Grade for Turning NX 3035* [online]. Japan, 2008 [vid. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://www.mitsubishicarbide.com/EU/West/product/pdf/b092e.pdf>
- [3] KYOCERA CORPORATION. *Kyocera Turning Tools: Turning Catalog* [online]. USA, 2012 [vid. 2014-05-01]. Dostupné z: http://americas.kyocera.com/kicc/pdf/Turning_Catalog_2012_web.pdf
- [4] KYOCERA CORPORATION. *Kyocera Cutting Tools: Milling Catalog* [online]. USA, 2013 [vid. 2014-05-01]. Dostupné z: http://americas.kyocera.com/kicc/pdf/Milling_Catalog_2013_Kyocera.pdf
- [5] KENNAMETAL INC. *Kennametal 2013 Master Catalog* [online]. USA, 2013 [vid. 2014-05-26]. Dostupné z: http://www.kennametal.com/content/dam/kennametal/kennametal/common/Resources/Catalogs-Literature/Metalworking/A-11-02679_MasterCat2013_complete_metric.pdf
- [6] KENNAMETAL INC. *Kennametal Innovations 2014* [online]. USA, 2014 [vid. 2014-05-26]. Dostupné z: http://www.kennametal.com/content/dam/kennametal/kennametal/common/Resources/Catalogs-Literature/Metalworking/A-13-03143_Innovations2014_EN_metric.pdf
- [7] PRAMET TOOLS, s.r.o. *Katalog soustružení* [online]. Česká republika, 2014 [vid. 2014-05-27]. Dostupné z: <http://www.pramet.com/download.php?id=574>
- [8] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM publishing, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [9] HUMÁR, Anton. *Technologie obrábění - 1. část* [online]. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. [vid. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/?page=opory>
- [10] ZEMČÍK, Oskar. *Nástroje a přípravky pro obrábění*. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno. Studijní text. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/?page=opory>
- [11] SCRIBD. *Technologie II., 1. díl* [online]. [vid. 2014-04-16]. Skripta Technologie II., 1. díl., 122 s. Dostupné z: <http://www.scribd.com/doc/51935268/skripta-Technologie-II-1dil>.
- [12] KOČMAN, Karel. *Technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001, 270 s. ISBN 80-214-1996-2.

- [13] LI, Pingping, Jinwen YE, Ying LIU, Dujuan YANG a Haijun YU. Study on the formation of core–rim structure in Ti(CN)-based cermets. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials* [online]. 2012, vol. 35, s. 27-31 [vid. 2014-04-30]. DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2012.03.012. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0263436812000625>
- [14] KLAASEN, H., J. KÜBARSEPP, T. ROOSAAR, M. VILJUS a R. TRAKSMAA. Adhesive wear performance of hardmetals and cermets. *Wear* [online]. 2010, vol. 268, 9-10, s. 1122-1128 [vid. 2014-04-30]. DOI: 10.1016/j.wear.2010.01.006. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043164810000074>
- [15] LI, Yan, Ning LIU, Xiaobo ZHANG a Chunlan RONG. Effect of Mo addition on the microstructure and mechanical properties of ultra-fine grade TiC–TiN–WC–Mo₂C–Co cermets. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials* [online]. 2008, vol. 26, issue 3, s. 190-196 [vid. 2014-04-30]. DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2007.05.005. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0263436807000480>
- [16] CARDINAL, S., A. MALCHÈRE, V. GARNIER a G. FANTOZZI. Microstructure and mechanical properties of TiC–TiN based cermets for tools application. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials* [online]. 2009, vol. 27, issue 3, s. 521-527 [vid. 2014-04-30]. DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2008.10.006. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S026343680800142X>
- [17] MM PRŮMYSLOVÉ SPEKTRUM. Trendy v povlakování slinutých karbidů. *Výroba*. [online]. 2001, roč. 2001, č. 7, s. 1. [vid. 2014-04-20]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/trendy-v-povlakovani-slinutych-karbidu.html>
- [18] VIK, Michal. *Slinuté karbidy*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce doc. Ing. Anton Humár, CSc.
- [19] BITTNER, Jan. *Metody povlakování řezných nástrojů*. Brno, 2010. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce doc. Ing. ANTON HUMÁR, CSc.
- [20] MITSUBISHI MATERIAL CORPORATION. *Corporate History* [online]. Japan [vid. 2014-04-24]. Dostupné z: <http://www.mmc.co.jp/corporate/en/corporate/history.html>
- [21] KYOCERA CORPORATION. *History* [online]. Japan [vid. 2014-05-01]. Dostupné z: <http://global.kyocera.com/company/summary/history/until1979.html>
- [22] KENNAMETAL INC. *History* [online]. USA [vid. 2014-05-26]. Dostupné z: <http://www.kennametal.com/en/about-us/history.html>

- [23] PRAMET TOOLS, s.r.o. *O společnosti* [online]. Česká republika, 2014 [vid. 2014-05-27]. Dostupné z: <http://www.pramet.com/cz/o-spolecnosti.html>
- [24] SANDVIK AB. *Skupiny obráběných materiálů* [online]. Sweden [vid. 2014-05-28]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/workpiece_materials/workpiece_material_groups/pages/default.aspx
- [25] TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI. *Řezné nástroje: Nástrojové materiály, nástrojové oceli*. [online] Liberec. [vid. 2014_04_09]. Dostupné z: http://www.techno-mat.cz/data/katedry/kom/KOM_RN_PR_04_CZE_Popop_Nastrojove_materialy,_nastrojove_oceli.pdf
- [26] KŘÍŽ, R, TRČKA, J. *Tabulky materiálů pro strojírenství I.část : kovové materiály – železné kovy*. [s.l.] : [s.n.], 1999. 349.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka	Jednotka	Popis
v_c	[m/min]	Řezná rychlost
a_p	[mm]	Šířka záběru ostří
f	[mm]	Posuv na otáčku
HB	[HB]	Tvrdost podle Brinella
PVD		Fyzikální napařování (physical vapor deposition)
CVD		Chemické napařování (chemical vapor deposition)
PECVD		Nanášení povlaků plazmou (plasma chemical vapor deposition)
MWPCVD		Nanášení povlaků pomocí mikrovln plazmy (micro wave plasma chemical vapor deposition)
MTCVD		Metoda nanášení povlaků za snížených pracovních teplot (middle temperature chemical vapor deposition)
HIP		Vysokoteplotní izostatické lisování (hot isostatic pressing)
KBN		Polykrystalický kubický nitrid boru – česká zkratka
PKNB		Polykrystalický kubický nitrid boru – česká zkratka
CBN		Polykrystalický kubický nitrid boru – anglická zkratka
PKD		Polykrystalický diamant
PSSS		Metoda výroby cermetů (pre sintering solid solution)
VBD		Vyměnitelná břitová destička
SEM		Elektronový mikroskop

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK A OBRÁZKŮ

Tabulka/obrázek	Popis
Tabulka 1.1	Rychlořezné oceli dle ČSN EN 10027-1.
Tabulka 1.2	Systém značení oceli třídy 19. dle normy ČSN 42 0002:1976.
Tabulka 1.3	Rozdělení a značení nepovlakovaných slinutých karbidů.
Tabulka 1.4	Rozdělení a značení řezné keramiky.
Tabulka 2.1	Značení nástrojových materiálů podle normy ČSN ISO 513.
Tabulka 2.2	Historický vývoj cermetů.
Tabulka 2.3	Vliv jednotlivých složek na strukturu a vlastnosti cermetů.
Tabulka 2.4	Podmínky slinování jednotlivých vzorků.
Tabulka 3.1	Řezné podmínky při obrábění řeznými materiály společnosti Mitsubishi Materials pozitivní geometrií.
Tabulka 3.2	Řezné podmínky při obrábění řeznými materiály společnosti Mitsubishi Materials negativní geometrií.
Tabulka 3.3	Vlastnosti řezných materiálů společnosti Kyocera.
Tabulka 3.4	Řezné podmínky při soustružení řeznými materiály společnosti Kyocera pozitivní geometrií VBD.
Tabulka 3.5	Řezné podmínky při soustružení řeznými materiály společnosti Kyocera negativní geometrií VBD.
Tabulka 3.6	Hodnoty řezných rychlostí pro soustružení a upichování (zapichování).
Tabulka 3.7	Hodnoty řezných rychlostí pro vrtání a frézování.
Tabulka 3.8	Doporučené řezné podmínky při obrábění materiálů skupiny P řezným materiálem TT010 a TT310.
Tabulka 3.9	Doporučené řezné podmínky při obrábění materiálů skupiny M řezným materiálem TT010 a TT310.
Tabulka 3.10	Rozsah použití řezných materiálů pro soustružení jednotlivých výrobců, rozdělení dle ISO.
Obrázek 1.1	Porovnání mechanických vlastností řezných materiálů.
Obrázek 1.2	Schéma povlakování předmětů pomocí metody PVD a) naprašování, b) napařování
Obrázek 1.3	Schéma povlakování předmětů pomocí metody CVD.
Obrázek 2.1	Schéma struktury cermetů.
Obrázek 2.2	Struktura slinutého karbidu v porovnání se strukturou cermetu TiC-NiMo.
Obrázek 2.3	Intenzita složení cermetu Ti(C,N) podél čáry vedoucí skrz zrno.
Obrázek 2.4	Struktura cermetu A, B, C a D pořízená pomocí SEM.
Obrázek 3.1	Logo společnosti Mitsubishi Materials Corporations.
Obrázek 3.2	Logo společnosti Kyocera.
Obrázek 3.3	Logo společnosti Kennametal.
Obrázek 3.4	Logo společnosti Pramet Tools.